

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 8 月 18 日 (18.08.2005)

PCT

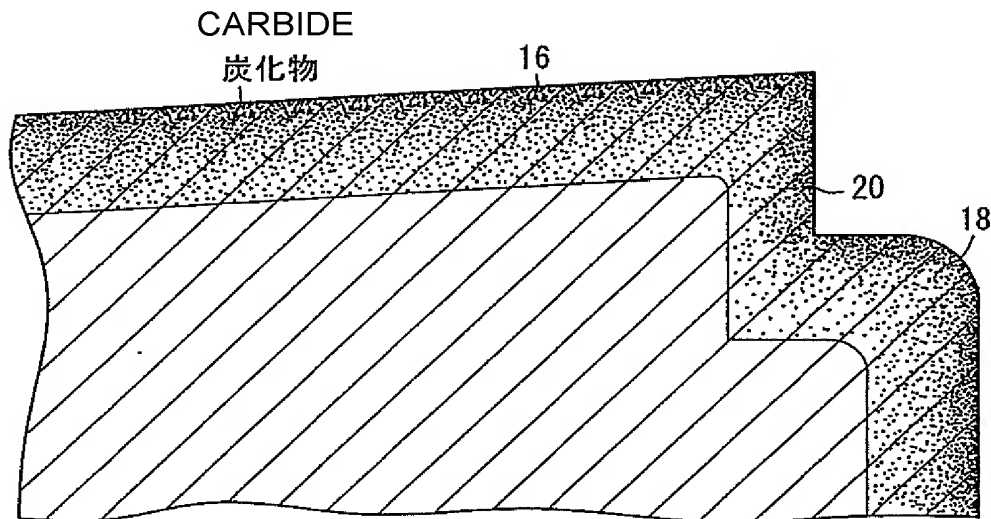
(10) 国際公開番号  
WO 2005/075699 A1

- (51) 国際特許分類: C23C 10/30, (72) 発明者; および  
C21D 1/06, C23C 10/32, 12/00 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 熊木利正 (KU-  
MAKI, Toshimasa) [JP/JP]; 〒3214346 栃木県真岡市松  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001581 山町 1 9 本田技研工業株式会社 栃木製作所内 Tochigi  
(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 3 日 (03.02.2005) (JP). 佐藤尚巳 (SATO, Naomi) [JP/JP]; 〒3214346 栃木  
(25) 国際出願の言語: 日本語 県真岡市松山町 1 9 本田技研工業株式会社 栃木製  
(26) 国際公開の言語: 日本語 作所内 Tochigi (JP). 桑原光雄 (KUWABARA, Mitsuo)  
(30) 優先権データ: [JP/JP]; 〒3501381 埼玉県狭山市新狭山 1-1 O-1 ホ  
特願2004-026374 2004 年 2 月 3 日 (03.02.2004) JP ンダエンジニアリング株式会社内 Saitama (JP).  
特願2004-026672 2004 年 2 月 3 日 (03.02.2004) JP (74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA, Yoshihiro et al.); 〒  
特願2004-193492 2004 年 6 月 30 日 (30.06.2004) JP 1510053 東京都渋谷区代々木 2 丁目 1 番 1 号 新宿マ  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研 インズタワー 1 6 階 Tokyo (JP).  
工業株式会社 (HONDA MOTOR CO., LTD.) [JP/JP];  
〒1078556 東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,

[続葉有]

(54) Title: Fe BASE ALLOY HAVING LAYER AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

(54) 発明の名称: 有層 Fe 基合金及びその製造方法



(57) Abstract: On respective surfaces of the work pressing site and the body part of the portion (16) having a less diameter of a preliminary formed article (32) comprising SKH51 (a Fe base alloy), a powder of a material containing an element enhancing the hardness of SKH51 and a powder of a material containing an element being contained in SKH51 and not enhancing the hardness of SKH51 are applied respectively. By the heat treatment of the preliminary formed article (32) after the above application, W and the like having been contained in an application agent (34a) is diffused into the surface side in the work pressing site, whereas, in the body part of the portion (16) having a less diameter, W and the like having been contained in SKH51 is diffused into the surface side. As a result, a diffusion layer (20), wherein hardness increases as the distance from the surface decreases, is formed inside the work pressing site, and simultaneously, a concentration change portion (22), wherein toughness improves as the distance from the surface decreases, is formed in the body part of the portion (16) having a less diameter.

[続葉有]

WO 2005/075699 A1



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: SKH51 (Fe基合金) からなる予備成形体(32)のワーク押圧部位、小径部(16)の胴部の各表面に、SKH51の硬度を向上させる元素を含む物質の粉末、SKH51に含まれ且つSKH51の硬度上昇に寄与しない元素を含む物質の粉末をそれぞれ塗布する。塗布後に予備成形体(32)を熱処理すれば、ワーク押圧部位では、塗布剤(34a)に含まれるW等が内部に拡散する。一方、小径部(16)の胴部では、SKH51に含まれるW等が表面側に拡散する。その結果、表層部になるにつれて硬度が上昇する拡散層(20)がワーク押圧部位の内部に形成されるとともに、表層部になるにつれて靱性が向上する濃度変化部(22)が小径部(16)の胴部に形成される。

## 明 細 書

### 有層Fe基合金及びその製造方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、内部から表層部になるにつれて硬度が上昇する拡散層が存在する部位、又は、内部から表層部になるにつれて靱性が向上する濃度変化部が存在する部位の少なくともいずれか一方を有する有層Fe基合金及びその製造方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] Fe基合金である鋼材の耐摩耗性や耐食性、強度等の諸特性を向上させる目的で、物理的气相成長(PVD)法や化学的气相成長(CVD)法、メッキ、陽極酸化等によって、該鋼材の表面に皮膜が設けられることがある。しかしながら、この場合、皮膜の形成に長時間を要し、しかも、皮膜形成コストが大きいという不具合がある。
- [0003] そこで、例えば、特許文献1、特許文献2に記載されているように、浸炭、浸硫、窒化、炭窒化等の様々な表面処理を施すことにより、皮膜を設けることなく鋼材の表面の諸特性を向上させることが、従来から広汎に実施されている。また、特許文献3には、ショットピーニングやショットブラスト等の機械的処理を施して表面に $10\text{kgf}/\text{cm}^2$  (およそ $0.1\text{MPa}$ )の圧縮応力を付与することにより、加工用刃具の耐摩耗性及び耐欠損性を向上させることが提案されている。
- [0004] しかしながら、特許文献1、特許文献2、特許文献3に記載されたような従来技術で諸特性が向上するのは、金属材の表面に限られる。例えば、窒化や浸炭等では、元素が拡散するのは金属材の表面から僅かに数 $\mu\text{m}$ 、最大でも $200\mu\text{m}$ 程度であり、それより内部の諸特性を向上させることは困難である。このため、耐摩耗性や耐欠損性が著しく向上するとは言い難い側面がある。
- [0005] しかも、従来技術に係る処理方法では、形成された窒化層等と母材である金属材との間に界面が存在する。このため、界面に応力集中が起こるような条件下では、界面から脆性破壊が起こることが懸念される。
- [0006] また、部材によっては、硬度が向上した部位と、靱性が向上した部位とを併せ持つ

ものが希求されることもある。しかしながら、これまでに知られている表面処理方法では、部材全体の硬度を上昇させることは可能であるが、任意の部位のみ硬度を上昇させ、且つその他の部位の靱性を向上させることはできない。しかも、上記した従来技術等をはじめとする各種の表面処理方法は、主に硬度を向上させるための処理方法であり、靱性を向上させる簡便な処理方法は知られていない。

特許文献1:特開2003-129216号公報

特許文献2:特開2003-239039号公報

特許文献3:特開平5-171442号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0007] 本発明の一般的な目的は、硬度及び強度が向上し、且つ応力集中が起こり難いので脆性破壊が生じ難い有層Fe基合金を提供することにある。
- [0008] 本発明の主たる目的は、表層部の靱性が向上し、且つ応力集中が起こり難いので脆性破壊が生じ難い有層Fe基合金を提供することにある。
- [0009] 本発明の別の目的は、表層部の硬度が上昇した部位と、表層部の靱性が向上した部位とを併せ持ち、且つ応力集中が起こり難いので脆性破壊が生じ難い有層Fe基合金を提供することにある。
- [0010] 本発明のまた別の目的は、上記の有層Fe基合金を製造する方法を提供することにある。
- [0011] 本発明の一実施形態によれば、Fe基合金からなる母材と、前記母材中に炭化物が拡散することによって形成され且つ前記母材に比して高硬度な拡散層とを有し、  
当該有層Fe基合金の表面を基点として測定した前記拡散層の厚みが0.5mm以上である有層Fe基合金が提供される。
- [0012] この有層Fe基合金においては、母材であるFe基合金の内部深くまで炭化物が拡散しているので、内部まで優れた硬度及び強度を示す。しかも、この有層Fe基合金には、拡散した炭化物と母材との間に界面が存在しない。このため、応力集中が起こり難いので、脆性破壊が生じ難くなる。
- [0013] 本発明の別の一実施形態によれば、表層部から内部にかけて硬度が向上すると

もに、前記表層部の外表面に拡散層が存在する有層Fe基合金であって、

前記拡散層は、Fe基合金の硬度を上昇させる性質を有する第1元素が炭化物化した炭化物を含み、

前記表層部において、Fe基合金に含まれ且つ前記第1元素以外の第2元素の量が前記内部に比して多く、

前記第1元素の量が前記表層部から前記内部になるに従って増加する有層Fe基合金が提供される。

[0014] この有層Fe基合金においては、Fe基合金の硬度上昇に寄与する第1元素の量が表層部側で少なく、内部になるにつれて漸次的に増加する。硬度上昇に寄与する元素の量が少ない部位は、概して靱性が大きくなる。このため、表層部の靱性が大きく、且つ内部の硬度が大きい有層Fe基合金が構成される。

[0015] しかも、この有層Fe基合金には、表層部と内部との間に界面が存在しない。このため、応力集中が起こり難いので、脆性破壊が生じ難くなる。

[0016] 本発明のまた別の一実施形態によれば、Fe基合金からなる母材と、前記母材の内部に炭化物が拡散することによって形成され且つ前記母材に比して高硬度な拡散層とを有する有層Fe基合金であって、

前記拡散層では内部になるに従って硬度が低下するとともに、前記母材の表面を起点として測定した前記拡散層の厚みが0.5mm以上であり、

前記母材における前記拡散層が存在しない部位に、前記母材の硬度を上昇させる性質を有する元素の量が該母材の表層部から内部になるに従って増加することに伴い硬度が上昇する濃度変化部を有する有層Fe基合金が提供される。

[0017] 拡散層においては、母材であるFe基合金の内部深くまで炭化物が拡散しているので、内部まで優れた硬度及び強度を示す。一方、濃度変化部においては、Fe基合金の硬度上昇に寄与する元素の量が表層部側で少なく、内部になるにつれて漸次的に増加する。硬度上昇に寄与する元素の量が少ない部位は、概して靱性が大きくなる。このため、濃度変化部では、表層部の靱性が大きく、且つ内部の硬度が大きくなる。

[0018] すなわち、この有層Fe基合金は、表層部になるに従って硬度が上昇する部位(拡

散層)と、表層部になるに従って硬度が低下する部位(濃度変化部)とを併せ持つ。このように、本発明によれば、高硬度を示す部位と高靱性を示す部位を同一の部材に形成することができる。従って、ある部位には高硬度であることが希求され、別の部位には高靱性であることが希求される等、部位によって希求される特性が異なる部材として好適に使用することができる。このような部材としては、鍛造加工用金型が例示される。

[0019] しかも、この有層Fe基合金には、拡散層又は濃度変化部と母材との間に界面が存在しない。このため、応力集中が起こり難いので脆性破壊が生じ難い。

[0020] なお、濃度変化部を設ける際には、該濃度変化部の外表面に、母材の硬度を上昇させる性質を有する元素が炭化物化した炭化物が排出され、その結果、皮膜が形成される。本発明に係る有層Fe基合金は、この皮膜が除去されたものであってもよく、この皮膜が存在するものであってもよい。

[0021] 金属の炭化物としては、Fe基合金の硬度を向上させる物質であれば特に限定されるものではないが、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnの炭化物を好適な例として挙げることができる。

[0022] この場合、金属元素をMで表すとき、炭化物の組成式が $M_6C$ 又は $M_{23}C_6$ であることが好ましい。組成式がこのように表される炭化物は、Fe基合金の硬度を向上させる効果に特に優れるからである。

[0023] 炭化物は、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnの少なくともいずれか1種と、Feとの固溶体が炭化物化したものであってもよい。この場合、上記したような金属炭化物の相対量が低減するので、金属炭化物が過度に生成して脆性が上昇することを抑制することができる。

[0024] 好ましい固溶体の炭化物は、金属元素をMで表すとき、その組成式が $(Fe, M)_6C$ 又は $(Fe, M)_{23}C_6$ で表されるものである。

[0025] 本発明のさらに別の一実施形態によれば、Fe基合金からなる母材と、前記母材中を炭化物が拡散することによって形成され且つ前記母材に比して高硬度な拡散層とを有し、当該有層Fe基合金の表面を基点として測定された前記拡散層の厚みが0.5mm以上である有層Fe基合金の製造方法であって、

Fe基合金の表面に硬度を上昇させる金属の粉末を塗布する工程と、  
金属の粉末が塗布された前記Fe基合金を熱処理して、少なくとも該Fe基合金を構成する炭素と前記金属とを反応させて炭化物とするとともに、前記炭化物を前記Fe基合金中に拡散させる工程と、  
を有する有層Fe基合金の製造方法が提供される。

[0026] このような工程を経ることにより、厚みの大きい拡散層を形成することができるとともに、拡散層と母材との間に界面が存在しない有層Fe基合金を製造することができる。得られた有層Fe基合金は、拡散層が存在するために硬度及び強度に優れる。

[0027] 本発明のさらにまた別の一実施形態によれば、表層部から内部にかけて硬度が向上するとともに、前記表層部の外表面に拡散層が存在し、前記拡散層がFe基合金の硬度を上昇させる性質を有する第1元素が炭化物化した炭化物を含み、前記表層部においてFe基合金に含まれ且つ前記第1元素以外の第2元素の量が前記内部に比して多く、前記第1元素の量が前記表層部から前記内部になるに従って増加する有層Fe基合金の製造方法であって、

前記第2元素を含む物質の粉末をFe基合金の表面に塗布する工程と、  
前記粉末が塗布された前記Fe基合金を熱処理して、前記第1元素を表層部に拡散させるとともに、該第1元素を、前記表層部に存在して該Fe基合金を構成する炭素と反応させて炭化物とする工程と、  
を有する有層Fe基合金の製造方法が提供される。

[0028] 第2元素が表面に塗布されたFe基合金に対して熱処理を施すと、第1元素が第2元素に指向して拡散し始める。すなわち、Fe基合金の硬度を上昇させる第1元素が表面側に拡散し始める。この理由は、第2元素に第1元素を捕捉する作用があるためであると推察される。

[0029] 従って、上記したような工程を経ることにより、第1元素を表層部の最上方に拡散させて偏在させることができる。これにより、表層部の外表面に第1元素の量が最も多い拡散層が設けられる。

[0030] そして、このようにして表層部の外表面に第1元素が偏在する結果、第1元素の量は、表層部における拡散層の直下で最も少なくなり、内部に向かうにつれて漸次的

に増加する。すなわち、得られた有層Fe基合金の硬度は、拡散層の直下で最も低くなる。上記したように、硬度が小さい部位は概して靱性が大きいことから、この有層Fe基合金の靱性は、内部側に比して表層部側が大きくなる。換言すれば、表層部側が高靱性で且つ内部側が高硬度である有層Fe基合金を得ることができる。

[0031] すなわち、本発明によれば、粉末を塗布した後に熱処理を行うという簡便な操作を行うことによって、表層部の靱性が向上した有層Fe基合金を容易に得ることができる。

[0032] 本発明の上記とは別の一実施形態によれば、Fe基合金の表面に硬度を上昇させる第1元素を含む物質の粉末を塗布する一方、前記第1元素以外の元素であり且つFe基合金に含まれる第2元素を含む物質の粉末を、前記第1元素が塗布された部位以外の部位に塗布するか、又は、前記第2元素を含む物質の粉末をFe基合金の表面に塗布する一方、前記第2元素が塗布された部位以外の部位に前記第1粉末を含む物質を塗布する工程と、

前記第1元素又は前記第2元素を含む物質の各粉末が塗布された前記Fe基合金に対して熱処理を施し、前記第1元素を含む物質の粉末が塗布された部位に厚みが0.5mm以上で且つ前記母材に比して高硬度な拡散層を設ける一方、前記第2元素を含む物質の粉末が塗布された部位に前記母材の硬度を上昇させる性質を有する元素の量が該母材の表層部から内部になるに従って増加することに伴い硬度が上昇する濃度変化部を設ける工程と、

を有し、

前記拡散層を、前記第1元素を前記Fe基合金の内部に拡散させて該Fe基合金を構成する炭素と反応させることによって炭化物を拡散させて設け、

前記濃度変化部を、前記Fe基合金を構成する前記第1元素を該Fe基合金の内部から表層部側に拡散させ、該表層部に存在して該Fe基合金を構成する炭素と前記第1元素とを反応させて炭化物を含む皮膜として前記母材から排出することで設ける有層Fe基合金の製造方法が提供される。

[0033] このような工程を経ることにより、厚みの大きい拡散層を形成することができるとともに、拡散層と母材との間に界面が存在しない有層Fe基合金を製造することができる。



。得られた有層Fe基合金における拡散層が存在する部位は、硬度及び強度に優れる。

[0034] その一方で、第2元素を含む物質の粉末を塗布した部位では、熱処理に伴って第1元素が第2元素に指向して拡散し始める。すなわち、Fe基合金の硬度を上昇させる第1元素が表面側に拡散し始める。この理由は、第2元素に第1元素を捕捉する作用があるためであると推察される。これにより第1元素が表層部の最上方まで拡散し、さらに、表層部の外表面に第1元素を含む皮膜が設けられる。

[0035] そして、このようにして表層部の外表面に第1元素が偏在する結果、第1元素の量は、皮膜の直下で最も少なくなり、表層部から内部に向かうにつれて漸次的に増加する。すなわち、得られた有層Fe基合金の硬度は、皮膜の直下で最も低くなる。上記したように、硬度が小さい部位は概して靱性が大きいことから、皮膜が設けられた部位の靱性は、内部側に比して表層部側が大きくなる。換言すれば、表層部側が高靱性で且つ内部側が高硬度である部位を有する有層Fe基合金を得ることができる。

[0036] すなわち、本発明によれば、粉末を塗布した後に熱処理を行うという簡便な操作を行うことによって、表層部の硬度が上昇した部位と、表層部の靱性が向上した部位とを併せ持つ有層Fe基合金を容易に得ることができる。

[0037] なお、粉末には、第1元素を含む物質の粉末が配合されていてもよい。この場合、Fe基合金の種類や熱処理条件に応じて、第1元素を含む物質の粉末と第2元素を含む物質の粉末との配合比を適宜設定すればよい。

[0038] 第1元素としては、Fe基合金の硬度を向上させることができるということから、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnを使用することが好ましい。

[0039] 一方の第2元素としては、Fe基合金に含まれて且つ該Fe基合金の硬度上昇に寄与しない元素を含む物質であれば特に限定されないが、C、Si、Cu、Ti、Al、Mgが好ましい。特に、CとSiは第1元素を拡散させる効果に優れ、一方、Cu、Ti、Al、Mgは酸素を遮断する効果に優れる。さらに、生成する金属間化合物を微細化することができるとともに耐熱性を向上させることができ、高温強度に優れるFe基合金とすることができる。

[0040] また、皮膜を、例えば、切削加工代等として除去するようにしてもよい。この場合、高

硬質な部位が減少して高靱性な部位が残留するので、曲げ加工等を行うことが容易な有層Fe基合金を得ることができる。

[0041] さらに、窒素雰囲気下で前記熱処理を行い、炭化物を窒化して炭窒化物とするようにしてもよい。この場合、有層Fe基合金の表層部の硬度を低下させることなく、靱性を向上させることができる。

[0042] 本発明によれば、硬度が向上した部位と、靱性が向上した部位とが同一部材に設けられる。すなわち、部位によって希求される特性が異なる部材を構成することができる。しかも、拡散層の厚みが大きいので、該拡散層が設けられた部位の硬度や強度を内部まで向上させることができる一方、表層部側の靱性が大きな部位を有する有層Fe基合金を構成することができる。しかも、この有層Fe基合金では、拡散層又は濃度変化部と母材との間に界面が存在しないので、脆性破壊が生じることを回避することもできる。

#### 図面の簡単な説明

[0043] [図1]図1は、有層Fe基合金である鍛造加工用パンチの概略全体斜視図である。

[図2]図2は、図1の鍛造加工用パンチにおけるワーク押圧部位の要部拡大縦断面図である。

[図3]図3は、図1の鍛造加工用パンチにおける小径部の胴部の要部拡大縦断面図である。

[図4]図4A～図4Fは、図1の鍛造加工用パンチの製造過程を示すフロー説明図である。

[図5]図5は、得られた鍛造加工用パンチのワーク押圧部位における切断面の表面から内部に指向して測定したHRCを示すグラフである。

[図6]図6は、得られた鍛造加工用パンチの小径部の胴部における切断面の表面から内部に指向して測定したHRCを示すグラフである。

[図7]図7は、塗布剤の組成と割合を示す図表である。

[図8]図8は、DH31製のテストピースにおける表面からの距離とHRCとの関係を示すグラフである。

[図9]図9は、塗布剤の組成と割合を示す図表である。

[図10]図10は、SKH51製のテストピースにおける表面からの距離とHRCとの関係を示すグラフである。

[図11]図11は、SKD11製のテストピースにおける表面からの距離とHRCとの関係を示すグラフである。

### 発明を実施するための最良の形態

[0044] 以下、本発明に係る有層Fe基合金につきその製造方法との関係で好適な実施の形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

[0045] 第1実施形態に係る有層Fe基合金から設けられた鍛造加工用パンチの概略全体斜視図を図1に示す。この鍛造加工用パンチ10は、SKH51を原材料(母材)として作製されたものであり、大径部12と、該大径部12に接続されてテーパ状に縮径した縮径部14と、小径部16と、該小径部16の一端部から突出形成されて湾曲した湾曲突出部18とを有する。このうちの湾曲突出部18と、小径部16の先端部とが、図示しないダイのキャビティ内に収容されたワークを押圧して、該ワークを所定の形状に成形させる。すなわち、小径部16の先端部と湾曲突出部18は、ワーク押圧部位である。

[0046] ここで、ワーク押圧部位の断面を拡大して図2に示す。該図2から諒解されるように、ワーク押圧部位の表層部には、母材であるSKH51中を金属の炭化物が拡散してなる拡散層20が存在している。

[0047] 炭化物を形成する金属元素としては、SKH51の硬度を向上させるものであれば特に限定されないが、好適な例としては、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnを挙げることができる。このような金属元素の炭化物が拡散することによって形成された拡散層20は、高硬度及び高強度を示す。このため、鍛造加工用パンチ10において、拡散層20が存在するワーク押圧部位では、拡散層20が存在しない大径部12や縮径部14等に比して、硬度及び強度が高くなる。換言すれば、拡散層20が設けられたワーク押圧部位は、他の部位に比して高硬度及び高強度となる。

[0048] 炭化物は、金属元素をMで表すとき、組成式が $M_7C_3$ で表される炭化物であってもよいが、 $Cr_6C$ 、 $W_6C$ 、 $Mo_6C$ 等のように $M_6C$ で表される炭化物や、 $M_{23}C_6$ で表される炭化物である方が好ましい。この場合、硬度及び強度を向上させる効果に最も優れ

ているからである。

- [0049] なお、 $M_6C$ や $M_{23}C_6$ が過度に存在すると、鍛造加工用パンチ10が脆性を示すようになる。そこで、Feと上記金属元素の固溶体の炭化物を生成することが好ましい。すなわち、炭化物は、 $(Fe, M)_6C$ や、 $(Fe, M)_{23}C_7$ 等で表されるものであってもよい。このような炭化物を生成させた場合、 $M_6C$ や $M_{23}C_6$ の相対量が低減するので、鍛造加工用パンチ10が脆性を示すことを確実に回避することができるようになる。
- [0050] ここで、拡散層20の厚み、換言すれば、炭化物の拡散距離は、該鍛造加工用パンチ10の表面からの深さが少なくとも0.5mm(500  $\mu$ m)に達しており、通常は3〜7mm(3000〜7000  $\mu$ m)、最大では15mm(15000  $\mu$ m)に達することがある。この値は、窒化や浸炭等における元素の拡散距離が数十  $\mu$ m、大きくても200  $\mu$ m程度であるのに対し、著しく大きい。すなわち、本実施の形態においては、炭化物を、従来技術に係る表面処理方法によって導入された元素に比して著しく深い部位にまで拡散させることができる。
- [0051] このような拡散層20が設けられたワーク押圧部位では、炭化物が拡散した深さまで母材の硬度が向上する。すなわち、鍛造加工用パンチ10の内部まで硬度及び強度が上昇し、その結果、内部の耐摩耗性が向上するとともに、変形し難くなる。
- [0052] なお、後述するように、拡散層20は、母材の表面から拡散された金属元素が炭化物を生成することによって形成される。このため、炭化物の濃度は、表面で最も高く、母材の内部に指向するにつれて漸次的に減少する。
- [0053] また、炭化物の濃度がこのように漸次的に減少するため、拡散層20と母材との間に明確な界面は存在しない。このため、応力集中が起こることを回避することができるので、金属元素を拡散させることに伴って脆性が増すことを回避することができる。なお、図2においては、拡散層20が存在することを明確にするため、拡散層20と母材との間に便宜的に境界線を付している。
- [0054] 一方、ワーク押圧部位から延在する小径部16の胴部においては、その要部断面拡大図である図3に示すように、ワーク押圧部位の表層部には、母材であるSKH51中の金属元素の濃度が変化する濃度変化部22が存在する。
- [0055] この濃度変化部22において濃度が変化する金属元素は、SKH51の構成元素で

あり、且つSKH51の硬度上昇に寄与するもの、具体的には、上記と同様にCr、W、Mo、V、Ni、Mn等である。

[0056] 上記したような金属元素は、通常、合金又は炭化物の形態で存在する。炭化物としては、その組成式が $\text{Cr}_6\text{C}$ 、 $\text{W}_6\text{C}$ 、 $\text{Mo}_6\text{C}$ 等のように $\text{M}_6\text{C}$ で表されるもの、又は $\text{M}_{23}\text{C}_6$ で表されるものであってもよいが、 $\text{M}_6\text{C}$ や $\text{M}_{23}\text{C}_6$ が過度に存在すると、鍛造加工用パンチ10が脆性を示すようになる。これを回避するべく、FeとMの固溶体の炭化物、すなわち、 $(\text{Fe}, \text{M})_6\text{C}$ や $(\text{Fe}, \text{M})_{23}\text{C}_6$ 等で表される炭化物として、 $\text{M}_6\text{C}$ や $\text{M}_{23}\text{C}_6$ の相対量を低減させることが好ましい。

[0057] 金属元素の濃度は、濃度変化部22の最上方から内部側に向かうにつれて漸次的に増加する。すなわち、金属元素の濃度は濃度変化部22の最上方で最も低く、このため、濃度変化部22の硬度は、最上方で最も小さく、内部側に向かうにつれて大きくなる。

[0058] このように、小径部16の表層部には、SKH51の硬度を上昇させる元素が内部側に向かうにつれて漸次的に増加する濃度変化部22が形成されている。この濃度変化部22は、後述するように、SKH51に含まれた元素が内部から表層部に拡散して排出されることによって設けられる。この際に表層部に生成する皮膜は、機械加工によって切削除去される。

[0059] 一般的に、硬度と靱性はトレードオフの関係にあり、硬度が低下すると靱性が向上する。上記したように、濃度変化部22の最上方においては、硬度上昇に寄与する元素の量が少なく、このため、小径部16の胴部の表層部では、内部側に比して靱性が大きくなる。すなわち、該胴部の表層部は、濃度変化部22が形成されていないSKH51に比して高靱性を示す。このため、該胴部自体も靱性が向上して脆性破壊が生じ難くなり、結局、該胴部では、濃度変化部22が存在しない大径部12等に比して割れ等が生じ難くなる。

[0060] また、上記した金属元素、換言すれば、合金や炭化物の濃度は、該胴部の表層部で最も低く、内部になるにつれて漸次的に増加する。このため、濃度変化部22と母材との間に明確な界面は存在しない。従って、応力集中が起こることを回避することができるので、濃度変化部22を設けることに伴って脆性が増すことを回避することが

できる。なお、図3においては、濃度変化部22が存在することを明確にするため、濃度変化部22と母材との間に便宜的に境界線を付している。

- [0061] 濃度変化部22には、SKH51に含まれ且つSKH51の硬度上昇には寄与しない元素、具体的には、C、Si、Cu、Ti、Al、Mg等が、例えば合金又は炭化物の形態で存在する。後述するように、このような元素が熱処理時に表面側に存在する場合、Cr、W、Mo、V、Ni、Mn等の金属元素が小径部16の外表面側に指向して拡散する。
- [0062] このように構成された鍛造加工用パンチ10は、例えば、ワークに対して温間鍛造加工が施される際に使用され、この際には、該鍛造加工用パンチ10のワーク押圧部位がワークを押圧する。上記したように、該ワーク押圧部位は、拡散層20が存在するために高硬度及び高強度であり、且つ靱性が確保されている。従って、該ワーク押圧部位は、鍛造加工を繰り返し行っても摩耗し難く、しかも、欠損が生じ難い。すなわち、長寿命を確保することができる。炭化物は、炭窒化物であってもよい。
- [0063] 同時に、小径部16の胴部に荷重が加わる。上記したように、該胴部は、その表層部の靱性が高いために高靱性である。このため、該胴部は、鍛造加工を繰り返し行っても割れが生じ難い。すなわち、SKH51の硬度上昇に寄与する元素を表層部に拡散・排出させて濃度変化部22を設けることにより、鍛造加工用パンチ10の寿命を長期化することができる。
- [0064] この鍛造加工用パンチ10は、以下のようにして製造することができる。
- [0065] 先ず、図4Aに示すSKH51からなる円筒体形状のワークWに対して、図4Bに示すように、バイト30による切削加工を施し、鍛造加工用パンチ10の形状に対応する形状の予備成形体32とする。
- [0066] 次に、この予備成形体32におけるワーク押圧部位となる部位の表面に、図4Cに示すように、拡散させる金属の粉末を塗布する。例えば、Wを拡散させるのであればW粉末が配合された粉末、Crを拡散させるのであればCr粉末が配合された粉末を塗布すればよい。なお、粉末の塗布分量は、例えば、 $W_6C$ や $Cr_6C$ 等が生成する量とすればよい。
- [0067] その一方で、SKH51に含まれる元素であって、且つSKH51の硬度を上昇させるものではないもの、すなわち、Cr、W、Mo、V、Ni、Mn等以外の元素を含む物質の

粉末を、予備成形体32における小径部16の胴部となる部位の表面に塗布する。このような粉末の好適な例としては、C、Si、Cu、Ti、Al、Mgを挙げることができる。

[0068] いずれの場合においても、粉末の塗布は、該粉末を溶媒に分散させて調製した塗布剤34a、34bを塗布することによって行えばよい。溶媒としては、アセトンやアルコール等、容易に蒸発する有機溶媒を選定することが好ましい。前記ワーク押圧部位に塗布する塗布剤34aを調製する場合、溶媒にW、Cr等の粉末を分散させればよく、前記胴部に塗布する塗布剤34bを調整する場合、溶媒にCやSi等の粉末を分散させればよい。

[0069] ここで、母材であるSKH51の表面には、通常、自発的に形成された酸化物膜が存在する。この状態で上記した元素を拡散させるには、該元素が酸化物膜を通過できるように、多大な熱エネルギーを供給しなければならない。これを回避するために、各塗布剤34a、34bに、酸化物膜を還元することが可能な還元剤を混合することが好ましい。

[0070] 具体的には、酸化物膜に対して還元剤として作用し、且つSKH51とは反応しない物質を溶媒に分散ないし溶解させる。還元剤の好適な例としては、ニトロセルロース、ポリビニル、アクリル、メラミン、スチレン、エポキシの各樹脂を挙げることができるが、特にこれらに限定されるものではない。なお、還元剤の濃度は、5%程度あるいはそれ以上とすればよい。

[0071] 以上の物質が溶解ないし分散された塗布剤34a、34bは、それぞれ、図4C、図4Dに示すように、刷毛36を使用する刷毛塗り法によって、ワーク押圧部位及び小径部16の胴部の各表面に塗布される。勿論、刷毛塗り法以外の公知の塗布技術を採用するようにしてもよい。また、塗布剤34a、34bの塗布順序を逆にしてもよいことはいうまでもない。

[0072] 次いで、ワーク押圧部位の表面に塗布剤34aが塗布され、且つ小径部16の胴部の表面に塗布剤34bが塗布された予備成形体32に対して熱処理を施す。この熱処理は、図4Eに示すように、バーナー火炎38を予備成形体32の一端面側から当てることによって施すことができる。勿論、熱処理炉内において不活性雰囲気中で熱処理するようにしてもよい。

- [0073] この昇温の過程では、250℃程度で還元剤が分解し始め、炭素や水素が生成する。予備成形体32の酸化物膜は、この炭素や水素の作用下に還元されて消失する。このため、ワーク押圧部位ではWやCr等が、小径部16の胴部ではCやSi等が酸化物膜を通過する必要がなくなるので、拡散に要する時間を短縮することができるとともに、熱エネルギーを低減することができる。
- [0074] さらに昇温を続行すると、ワーク押圧部位では、母材であるSKH51の構成元素であるCや還元剤が分解することによって生成したCと、WやCr等とが反応して、 $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $W_{23}C_6$ 、 $Cr_{23}C_6$ 等が生成する。Feがさらに関与した場合には、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 、 $(Fe, W)_{23}C_6$ 、 $(Fe, Cr)_{23}C_6$ 等も生成する。
- [0075] 生成した $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等の炭化物は即座に分解し、Fe、W、Crに戻る。このうち、W、Crは、次に、母材のより内部側に存在する該母材の構成元素であるC、Feや、該母材のより内部側に遊離状態で存在するCと結合して、新たに $W_6C$ 、 $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等を生成する。この $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ も即座に分解してW、Crに戻った後、母材の一層内部側に存在する該母材の構成元素であるC、Feや、該母材の一層内部側に遊離状態で存在するCと結合して、再度 $W_6C$ 、 $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等を生成する。このようにして炭化物が分解、生成を繰り返すことにより、該炭化物が母材の内部深くまで拡散する。
- [0076] このようにして、母材の内部に $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ が拡散し、その結果、拡散層20が形成される(図2参照)。なお、炭化物の濃度は漸次的に減少し、炭化物の拡散到達終端部と母材との間に明確な界面が生じることはない。従って、脆性破壊が生じることを回避することができるので、拡散層20が形成されたワーク押圧部位の靱性を確保することもできる。拡散層20の厚み、すなわち、炭化物の拡散距離は、最大で表面から15mm程度の深さまで及ぶ。
- [0077] 上記と同様にして、MoやV、Niの炭化物を母材の内部に拡散させて拡散層20を形成することもできる。
- [0078] その一方で、小径部16の胴部では、SKH51の構成元素であるWやCr等が、還元剤が分解することによって生成したCやSKH51に含まれる遊離C等と反応し、その



結果、 $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $W_{23}C_6$ 、 $Cr_{23}C_6$ 等が生成する。塗布粉末にFeが混合されている場合、Feとの固溶体の炭化物である $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 、 $(Fe, W)_{23}C_6$ 、 $(Fe, Cr)_{23}C_6$ 等がさらに生成する。ここで、Feの拡散速度はC、Si、Cu、Ti、Al、Mgに比して大きく、従って、塗布剤34bに含まれたFeの濃度は、濃度変化部22の内部側で大きくなる。

[0079] 生成した $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等の炭化物は即座に分解し、Fe、W、Crに戻る。このうち、W、Crは、表面側に拡散移動する。この理由は、表面側に存在するCやSi等が、炭化物またはケイ化物を形成する作用に富み、このためにWやCr等を捕捉する作用があるためであると推察される。なお、塗布剤にCu、Ti、Al、Mgが含まれている場合、これらは酸素を遮断する作用をも営む。このため、SKH51が酸化することを回避することができる。

[0080] 上記の拡散過程で、WやCrは、予備成形体32の表面側に存在するSKH51の構成元素であるC、Feや、該表面側に遊離状態で存在するCと結合して、新たに $W_6C$ 、 $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等を生成する。この $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ も即座に分解してW、Crに戻った後、予備成形体32の一層表面側に存在するC、Feや、該表面側に遊離状態で存在するCと結合して、再度 $W_6C$ 、 $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等を生成する。このようにして炭化物が分解、生成を繰り返すことにより該炭化物が予備成形体32の外表面まで拡散し、その結果、該外表面に炭化物からなる皮膜が形成される。この炭化物は化学的に安定であり、従って、予備成形体32が、表層部の外表面に皮膜を有する有層Fe基合金となる。なお、皮膜の厚みは、およそ0.5mm程度である。

[0081] このようにして、表層部側に存在するWやCrが、 $W_6C$ や $Cr_6C$ 、 $(Fe, W)_6C$ 、 $(Fe, Cr)_6C$ 等として予備成形体32の外表面に拡散される。その結果として、WやCr等の濃度が、皮膜の直下の表層部で最も低くなるとともに内部側になるにつれて漸次的に増加するようになる。すなわち、濃度変化部22が形成される(図3参照)。なお、WやCr等の濃度は漸次的に増加するので、上記したように、濃度変化部22の終端部と母材との間に明確な界面が生じることはない。従って、濃度変化部22を設けることに伴って脆性破壊が生じることを回避することができる。

- [0082] その一方で、塗布剤に含まれたC、Si、Cu、Ti、Al、Mg等が濃度変化部22に拡散し、該濃度変化部22に合金や炭化物として残留する。これらの元素はSKH51の硬度上昇に寄与しないものであることから、該元素が拡散することによって濃度変化部22の硬度が上昇することはない。
- [0083] 最後に、図4Fに示すように、予備成形体32に対してバイト30や砥石で仕上げ加工を行い、鍛造加工用パンチ10とする。小径部16の胴部においては、この際に皮膜が切削除去される。上記したように、皮膜の厚みは0.5mm程度であるので、切削除去は比較的容易である。
- [0084] 皮膜が切削除去された結果、濃度変化部22が露呈する。上記したように、濃度変化部22では最上方が最も靱性が高く、従って、小径部16の胴部では、その表面において靱性が最も大きくなる。
- [0085] このようにして得られた鍛造加工用パンチ10を長手方向に沿って切断し、ワーク押圧部位に対応する部位の切断面における表面側から内部に指向して測定したCスケールのロックウェル硬度(HRC)を、通常のSHK51のHRCとともに図5に示す。図5から、この場合、表面から2.5mmの内部まで硬度が上昇していることが明らかである。
- [0086] また、同様にして拡散層20が形成されたJIS Z 2201 4号試験片のテストピースにおける強度は、拡散層20が形成されていない同寸法のテストピースに比して強度が著しく向上する。具体的には、拡散層20が形成されていないテストピースにおける引っ張り強度が約1800MPaであるのに対し、拡散層20を有するテストピースにおける引っ張り強度は約2200MPaと、およそ1.2倍となる。
- [0087] 一方、小径部16の胴部に対応する部位の切断面において、表面側から内部に指向して測定したCスケールのロックウェル硬度(HRC)を図6に示す。図6から、この場合、約4mmの深さまで表面から内部に指向してHRCが上昇していること、換言すれば、表層部における靱性が内部に比して大きいことが明らかである。
- [0088] このように、第1実施形態に係るパンチ10は、強度が向上した部位(拡散層20が存在する部位)と、靱性が向上した部位(濃度変化部22が存在する部位)とを有するものであるが、本発明は、強度が向上した部位のみを有するものであってもよいし、靱

性が向上した部位のみを有するものであってもよい。以下、それぞれを第2実施形態、第3実施形態とする。

- [0089] すなわち、第2実施形態に係るパンチは、小径部16の胴部に濃度変化部22が存在しないことを除いて図1に示すパンチ10と同一の構成であり、小径部16の先端部と湾曲突出部18からなるワーク押圧部位に拡散層20が形成されている。第2実施形態に係るパンチにおけるワーク押圧部位は、この拡散層20が存在することにより、パンチ10と同様に、大径部12や縮径部14等に比して、硬度及び強度が高くなる。
- [0090] 第2実施形態に係るパンチは、図4Aー図4Fを参照して諒解されるように、ワーク押圧部位に塗布剤34aのみを塗布した後、この塗布箇所に対して熱処理を施すことによって製造可能である。
- [0091] 一方、第3実施形態に係るパンチは、ワーク押圧部位に拡散層20が形成されていないことを除いて図1に示すパンチ10と同一の構成であり、小径部16の胴部には、濃度変化部22が形成されている。第3実施形態に係るパンチにおける小径部16の胴部は、この濃度変化部22が存在することにより、パンチ10と同様に、ワーク押圧部位や大径部12、縮径部14等に比して靱性が高くなり、このために割れが生じ難くなる。
- [0092] 第3実施形態に係るパンチは、図4Aー図4Fを参照して諒解されるように、小径部16の胴部に塗布剤34bのみを塗布した後、この塗布箇所に対して熱処理を施すことによって得ることができる。
- [0093] なお、上記した第1実施形態ー第3実施形態においては、Fe基合金として鍛造加工用パンチを例示して説明したが、特にこれに限定されるものではなく、その他の部材であってもよいことはいうまでもない。
- [0094] また、小径部16の胴部における外表面に形成された皮膜を切削除去するようにしているが、皮膜を除去することなく用いるようにしてもよい。
- [0095] さらに、塗布剤34bに、Fe基合金の硬度を上昇させる性質を有する元素を含む物質の粉末を添加するようにしてもよい。この場合、該粉末と、C、Si、Cu、Ti、Al、Mgとの配合比は、Fe基合金の種類や熱処理条件に応じて適宜設定すればよい。
- [0096] さらにまた、上記の熱処理を、熱処理炉内において窒素雰囲気下で行うようにして

もよい。この場合、濃度変化部22に残留したW、Cr等の炭化物が窒化されて炭窒化物となる。この種の金属炭窒化物の粒子は、端部が丸みを帯びた形状を呈する。このような形状の粒子間では脆性破壊が生じ難くなるので、濃度変化部22の靱性が大きくなる。すなわち、靱性が一層優れた有層Fe基合金を得ることができる。

[0097] 塗布剤34bを塗布して上記と同様の作業を行うことによって、例えば、モリブデン鋼からMoを除去することもできる。

[0098] また、塗布剤34bを塗布して熱処理した後、当該塗布箇所形成された拡散層を切削除去することなく、パンチやその他の部材として用いるようにしてもよい。

### 実施例 1

[0099] 熱間金型用鋼であるDH31を用い、底面の直径が80mm、高さが80mmの円柱体を作製した。

[0100] その一方で、エポキシ樹脂10%のアセトン溶液に、周期表III族～VIII族に属する物質の粉末(粒径10～70  $\mu$ m)を図5に示す割合で添加して、2種の塗布剤A、Bを調製した。ここで、塗布剤Aには、DH31をはじめとする各種鋼材の硬度を向上させる物質が主に含まれ、また、塗布剤Bには、各種鋼材に含まれ且つ硬度上昇に寄与しない物質が主に含まれる。

[0101] その後、塗布剤A、Bのそれぞれを、同一円柱体の表面における異なる部位に塗布した。なお、塗布は刷毛塗りによって行い、塗布剤A、Bの厚みは1mmとした。

[0102] 塗布剤A、Bのそれぞれを自然乾燥させた後、1000～1180℃で2時間保持することによって焼入処理を行い、次に、500～600℃で2時間保持して焼戻処理を行った。

[0103] 次に、前記円柱体を高さ方向に切断して、塗布剤A又は塗布剤Bを塗布した部位それぞれにつき、底面の中心から高さ方向に沿って0.5mm毎にHRCを測定した。なお、塗布剤Bを塗布した部位では、皮膜をすべて切削除去した後に測定を行った。

[0104] 各々の部位における表面からの距離とHRCとの関係を併せて図6に示す。未処理のDH31におけるHRCが概ね52～54であるのに対し、塗布剤Aを塗布した場合には硬度が上昇していること、一方、塗布剤Bを塗布した場合には硬度が減少している

ことが明らかである。後者から、塗布剤Bを塗布することによって靱性を向上させることができることが諒解される。

- [0105] また、このことから、同一部材に対して熱処理を施す場合であっても、塗布剤の種類を変更することによって、硬度が向上した部位と靱性が向上した部位を個別に作製することができることが分かる。

## 実施例 2

- [0106] 高速度工具鋼であるSKH51、ダイス鋼であるSKD11を用い、底面の直径が80mm、高さが80mmの円柱体を作製した。
- [0107] その一方で、エポキシ樹脂10%のアセトン溶液に、周期表III族～VIII族に属する物質の粉末(粒径10～70  $\mu$ m)を図9に示す割合で添加して、2種の塗布剤C、Dを調製した。
- [0108] その後、塗布剤CをSKH51の前記円柱体の全表面に塗布するとともに、塗布剤DをSKD11の前記円柱体の全表面に塗布した。なお、塗布は刷毛塗りによって行い、塗布剤C、Dの厚みは、1mmとした。
- [0109] 塗布剤を自然乾燥させた後、1000～1180℃で2時間保持することによって焼入処理を行い、次に、500～600℃で2時間保持して焼戻処理を行った。
- [0110] 各円柱体を高さ方向に切断して、底面の中心から高さ方向に沿って0.5mm毎にHRCを測定した。表面からの距離とHRCとの関係を、未塗布のSKH51、SKD11と併せ、グラフにして図6又は図7に示す。HRCの測定誤差を考慮すれば、これら図10又は図11から、各円柱体において、底面からおおよそ6mmの深さまで硬度が上昇していることが明らかである。
- [0111] また、生成した炭化物を同定したところ、 $(\text{Fe}, \text{W})_6\text{C}$ 、 $(\text{Fe}, \text{W})_{23}\text{C}_6$ 、 $(\text{Fe}, \text{Cr})_6\text{C}$ 、 $(\text{Fe}, \text{Cr})_{23}\text{C}_6$ であることが確認された。

## 請求の範囲

- [1] Fe基合金からなる母材と、前記母材中に炭化物が拡散することによって形成され且つ前記母材に比して高硬度な拡散層(20)とを有し、  
当該有層Fe基合金の表面を基点として測定した前記拡散層(20)の厚みが0.5mm以上であることを特徴とする有層Fe基合金。
- [2] 表層部から内部にかけて硬度が向上するとともに、前記表層部の外表面に拡散層(20)が存在する有層Fe基合金であって、  
前記拡散層(20)は、Fe基合金の硬度を上昇させる性質を有する第1元素が炭化物化した炭化物を含み、  
前記表層部において、Fe基合金に含まれ且つ前記第1元素以外の第2元素の量が前記内部に比して多く、  
前記第1元素の量が前記表層部から前記内部になるに従って増加することを特徴とする有層Fe基合金。
- [3] Fe基合金からなる母材と、前記母材の内部に炭化物が拡散することによって形成され且つ前記母材に比して高硬度な拡散層(20)とを有する有層Fe基合金であって、  
前記拡散層(20)では内部になるに従って硬度が低下するとともに、前記母材の表面を起点として測定した前記拡散層(20)の厚みが0.5mm以上であり、  
前記母材における前記拡散層(20)が存在しない部位に、前記母材の硬度を上昇させる性質を有する元素の量が該母材の表層部から内部になるに従って増加することに伴い硬度が上昇する濃度変化部を有することを特徴とする有層Fe基合金。
- [4] 請求項1〜3のいずれか1項に記載の有層Fe基合金において、前記炭化物は、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnの炭化物であることを特徴とする有層Fe基合金。
- [5] 請求項4記載の有層Fe基合金において、金属元素をMで表すとき、前記炭化物の組成式は、 $M_6C$ 又は $M_{23}C_6$ であることを特徴とする有層Fe基合金。
- [6] 請求項1〜3のいずれか1項に記載の有層Fe基合金において、前記炭化物は、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnの少なくともいずれか1種と、Feとの固溶体が炭化物化したものであることを特徴とする有層Fe基合金。
- [7] 請求項6記載の有層Fe基合金において、金属元素をMで表すとき、前記炭化物の

組成式は、 $(\text{Fe}, \text{M})_6\text{C}$ 又は $(\text{Fe}, \text{M})_{23}\text{C}_6$ であることを特徴とする有層Fe基合金。

[8] 請求項2記載の有層Fe基合金において、前記第2元素は、C、Si、Cu、Ti、Al、Mgであることを特徴とする有層Fe基合金。

[9] Fe基合金からなる母材と、前記母材中に炭化物が拡散することによって形成され且つ前記母材に比して高硬度な拡散層(20)とを有し、当該有層Fe基合金の表面を基点として測定された前記拡散層(20)の厚みが0.5mm以上である有層Fe基合金の製造方法であって、

Fe基合金の表面に硬度を上昇させる金属の粉末を塗布する工程と、

金属の粉末が塗布された前記Fe基合金を熱処理して、少なくとも該Fe基合金を構成する炭素と前記金属とを反応させて炭化物とするとともに、前記炭化物を前記Fe基合金中に拡散させる工程と、

を有することを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。

[10] 請求項9記載の製造方法において、前記金属として、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnを使用することを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。

[11] 表層部から内部にかけて硬度が向上するとともに、前記表層部の外表面に拡散層(20)が存在し、前記拡散層(20)がFe基合金の硬度を上昇させる性質を有する第1元素が炭化物化した炭化物を含み、前記表層部においてFe基合金に含まれ且つ前記第1元素以外の第2元素の量が前記内部に比して多く、前記第1元素の量が前記表層部から前記内部になるに従って増加する有層Fe基合金の製造方法であって、

前記第2元素を含む物質の粉末をFe基合金の表面に塗布する工程と、

前記粉末が塗布された前記Fe基合金を熱処理して、前記第1元素を表層部に拡散させるとともに、該第1元素を、前記表層部に存在して該Fe基合金を構成する炭素と反応させて炭化物とする工程と、

を有することを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。

[12] Fe基合金の表面に硬度を上昇させる第1元素を含む物質の粉末を塗布する一方、前記第1元素以外の元素であり且つFe基合金に含まれる第2元素を含む物質の粉末を、前記第1元素が塗布された部位以外の部位に塗布するか、又は、前記第2元素を含む物質の粉末をFe基合金の表面に塗布する一方、前記第2元素が塗布され

た部位以外の部位に前記第1粉末を含む物質を塗布する工程と、

前記第1元素又は前記第2元素を含む物質の各粉末が塗布された前記Fe基合金に対して熱処理を施し、前記第1元素を含む物質の粉末が塗布された部位に厚みが0.5mm以上で且つ前記母材に比して高硬度な拡散層(20)を設ける一方、前記第2元素を含む物質の粉末が塗布された部位に前記母材の硬度を上昇させる性質を有する元素の量が該母材の表層部から内部になるに従って増加することに伴い硬度が上昇する濃度変化部を設ける工程と、

を有し、

前記拡散層(20)を、前記第1元素を前記Fe基合金の内部に拡散させて該Fe基合金を構成する炭素と反応させることによって炭化物を拡散させて設け、

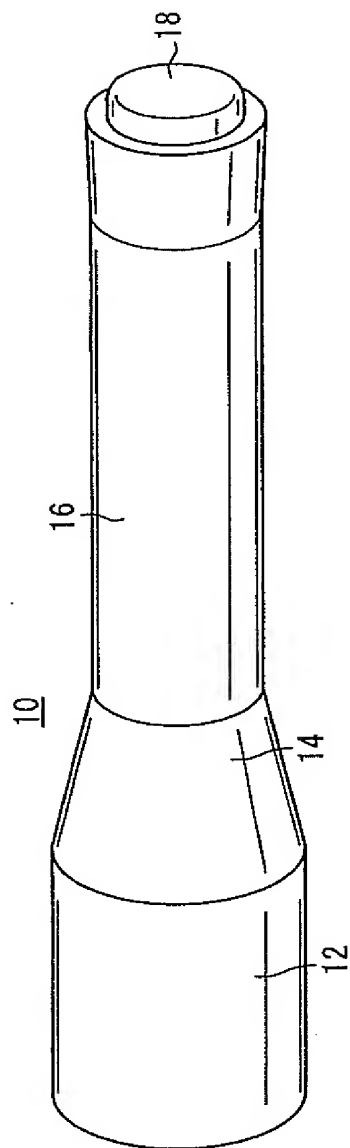
前記濃度変化部を、前記Fe基合金を構成する前記第1元素を該Fe基合金の内部から表層部側に拡散させ、該表層部に存在して該Fe基合金を構成する炭素と前記第1元素とを反応させて炭化物を含む皮膜として前記母材から排出することで設けることを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。

- [13] 請求項11又は12記載の製造方法において、前記第1元素として、Cr、W、Mo、V、Ni、Mnを使用することを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。
- [14] 請求項11～13のいずれか1項に記載の製造方法において、前記第2元素として、C、Si、Cu、Ti、Al、Mgを使用することを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。
- [15] 請求項10記載の製造方法において、前記皮膜を除去する工程を有することを特徴とする有層Fe基合金の製造方法。



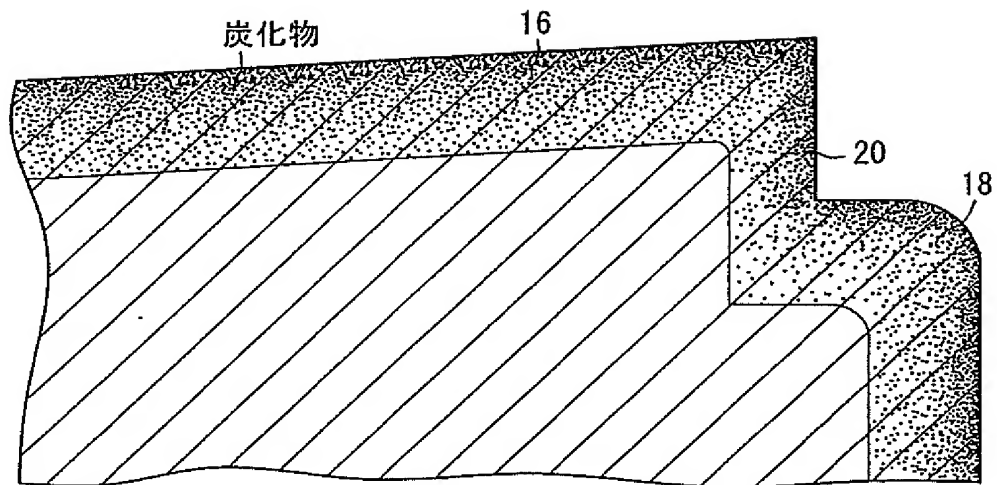
[図1]

FIG. 1



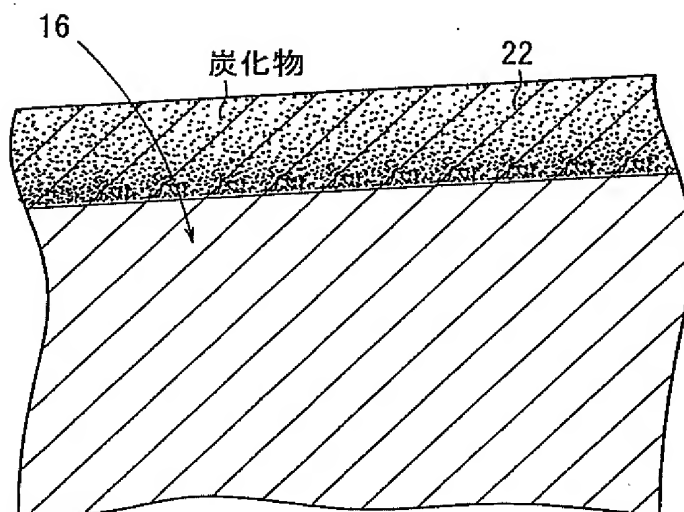
[図2]

FIG. 2



[図3]

FIG. 3



[図4]

FIG. 4A

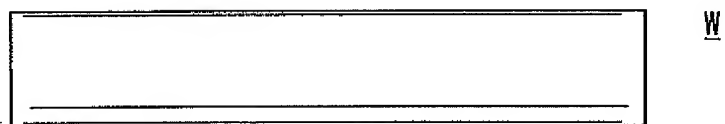


FIG. 4B

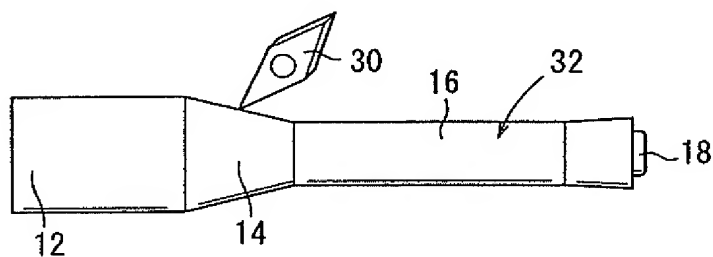


FIG. 4C

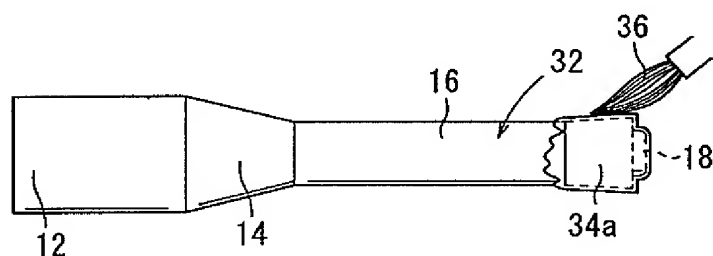


FIG. 4D

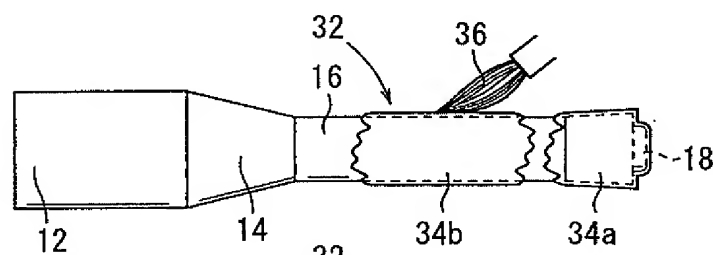


FIG. 4E

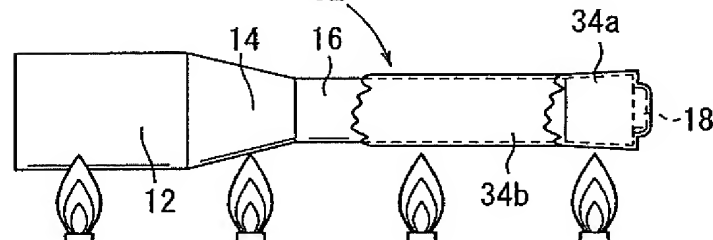
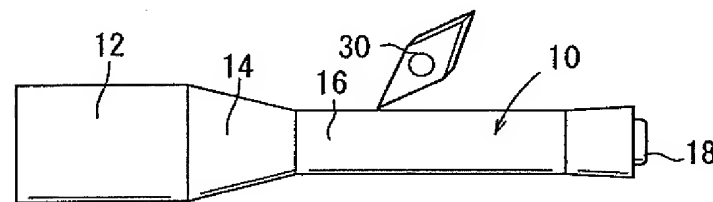
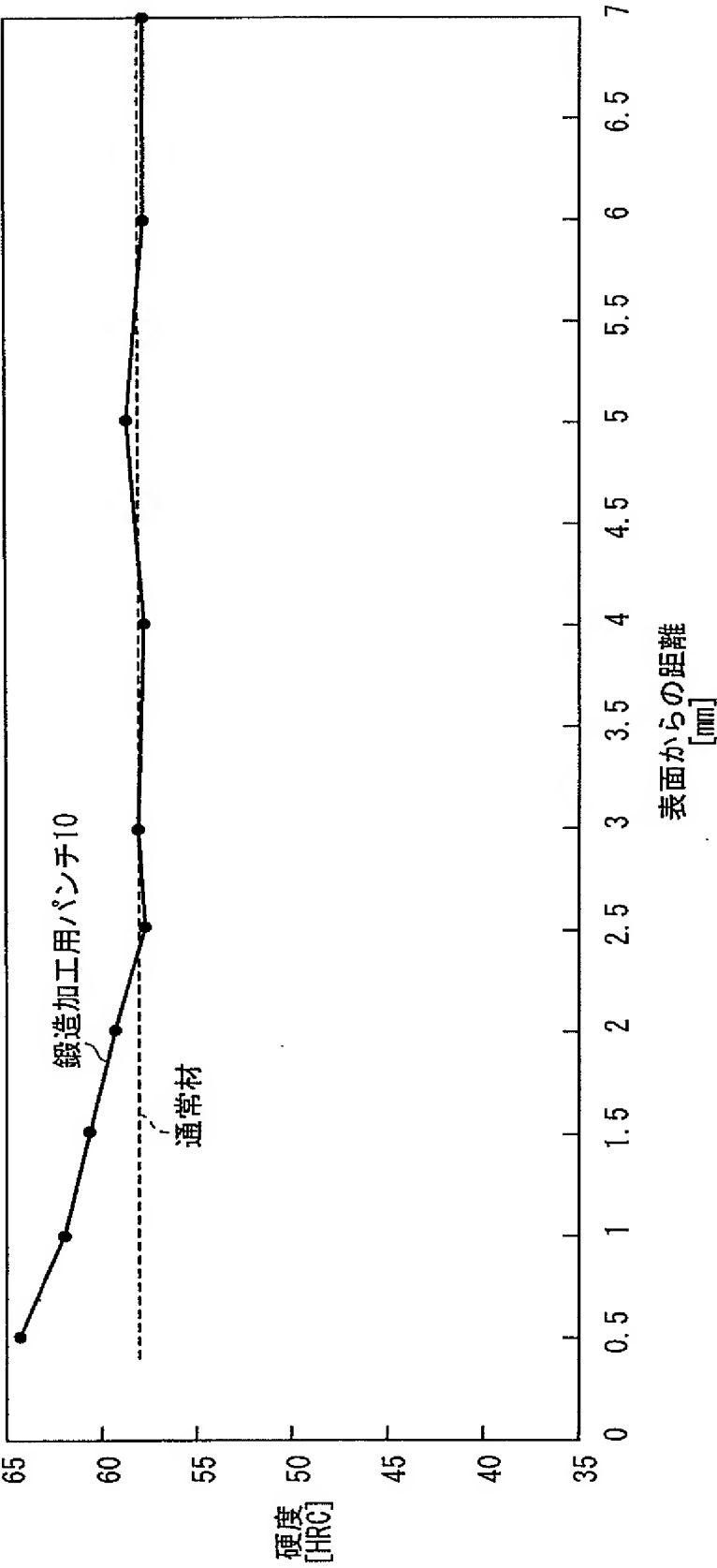


FIG. 4F

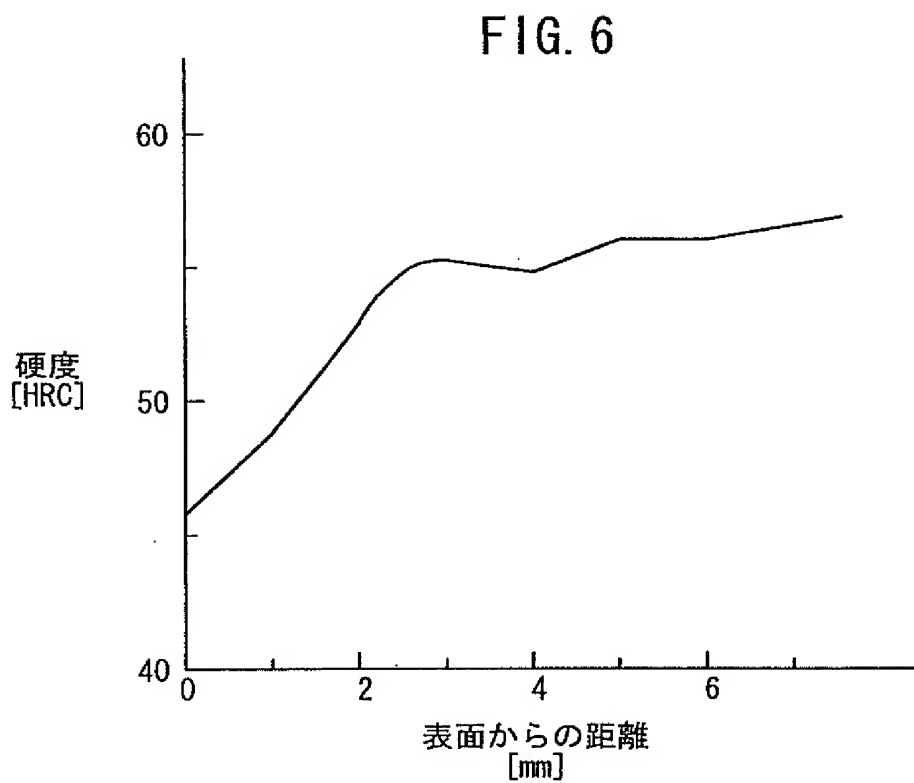


[図5]

FIG. 5



[図6]



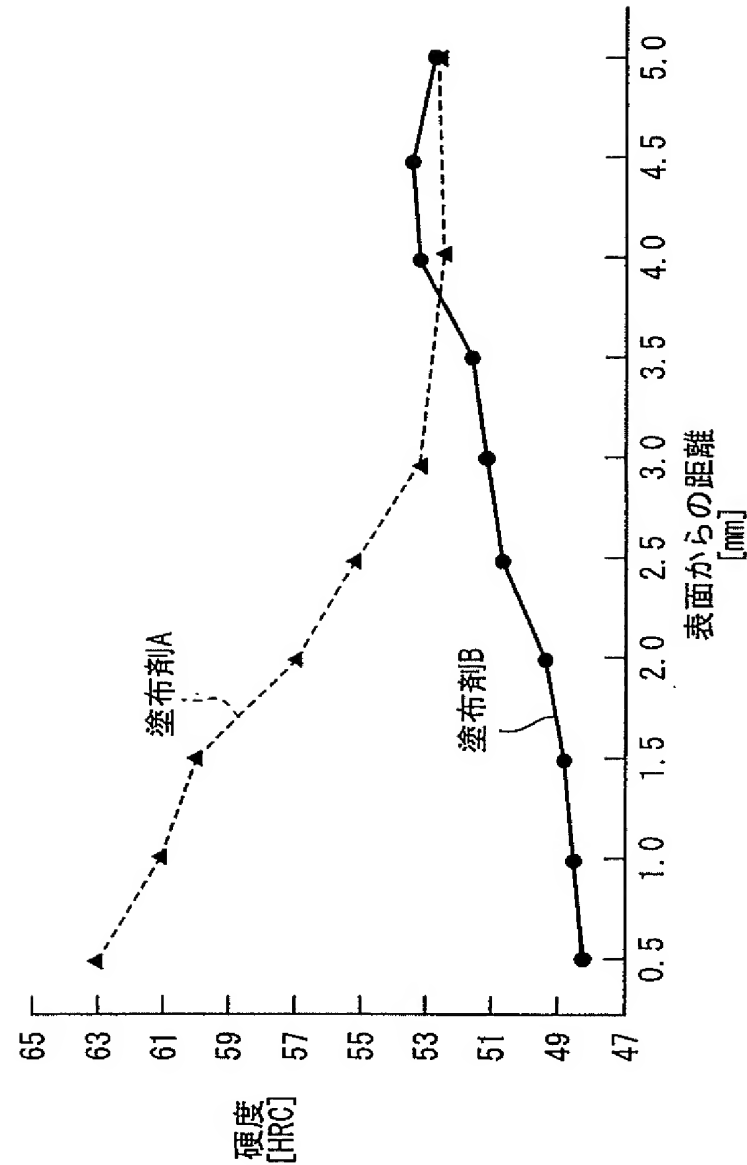
[図7]

FIG. 7

	V I I I 族	V I I 族	V I 族	V 族	I V 族	I I I 族
A	43	20	21	-	12	4
B	28	25	30	2	8	7

[図8]

FIG. 8



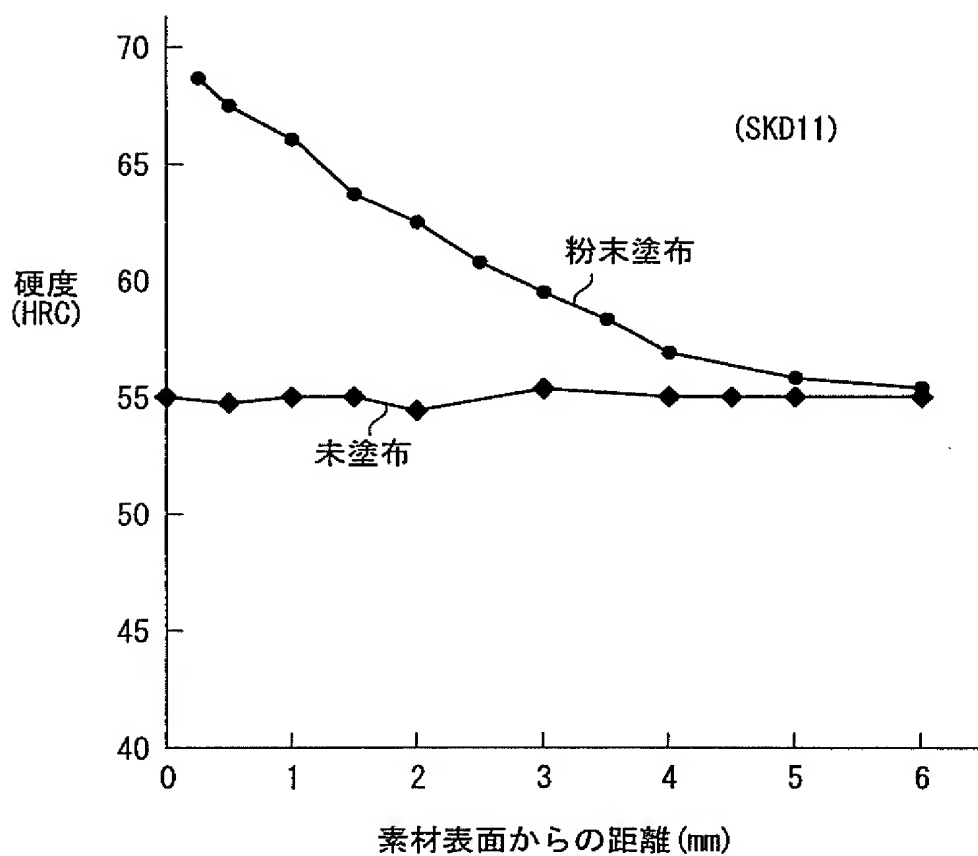
[図9]

FIG. 9

	V I I I 族	V I I 族	V I 族	V 族	I V 族	I I I 族
C	43	20	21	—	12	4
D	34	25	25	1	9	6

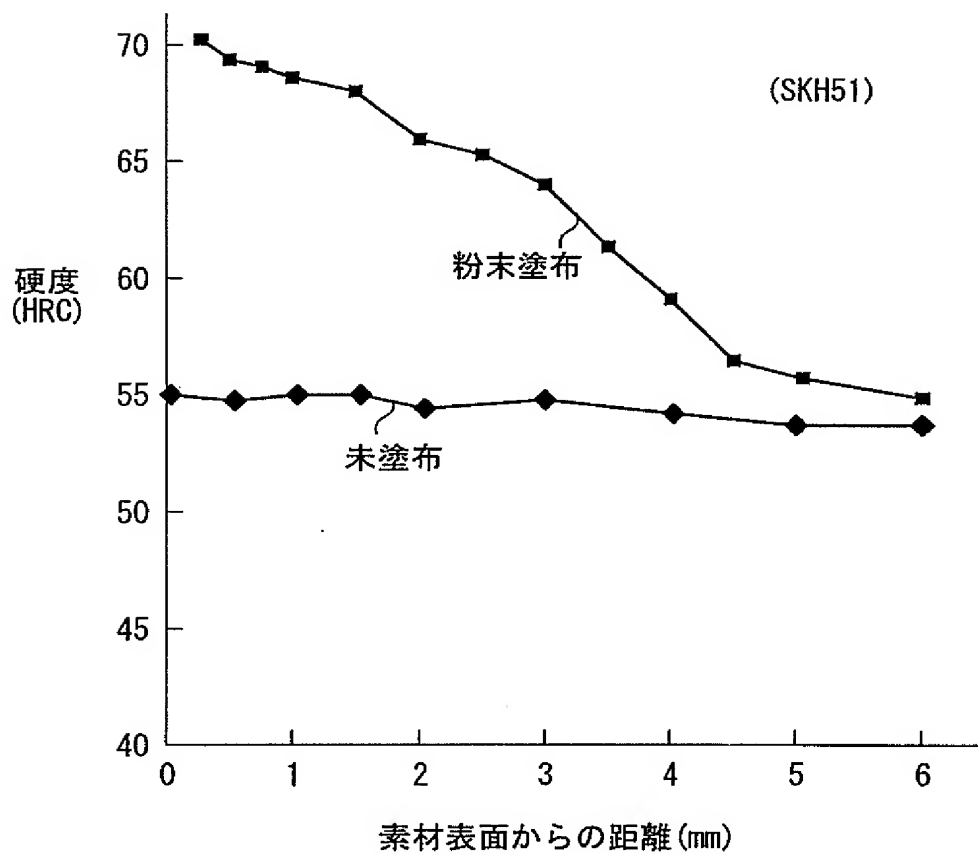
[図10]

FIG. 10



[図11]

FIG. 11





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001581

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C10/30, C21D1/06, C23C10/32, 12/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C10/30, C21D1/06, C23C10/32, 12/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-85412 A (Toshiba Corp.), 31 March, 1997 (31.03.97), Full text (Family: none)	1, 4, 5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 April, 2005 (26.04.05)

Date of mailing of the international search report

17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001581

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The search has revealed that the common matter of the present invention is disclosed in a document JP 9-85412 A (Toshiba Corp.) 31 March, 1997 (31.03.1997), and a document JP 60-243263 A (Hitachi, Ltd.) 03 December, 1985 (03.12.1985), and therefore is not novel. As a result, the above common matter falls within the scope of the prior art, and therefore, is not a special technical feature in the meaning of PCT Rule 13.2, the second sentence. Accordingly, since there is no other common matter which is considered to be a special technical feature in the meaning of PCT Rule 13.2, the second sentence, no technical relationship in the meaning of PCT Rule 13 cannot be found between those different inventions.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1, 4 and 5

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C10/30, C21D1/06, C23C10/32, 12/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> C23C10/30, C21D1/06, C23C10/32, 12/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 9-85412 A (株式会社東芝) 1997. 03. 31, 全文 (ファ ミリーなし)	1, 4, 5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 04. 2005

国際調査報告の発送日

17. 5. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

瀧口 博史

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

4E

3032

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲\_\_\_\_\_は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求の範囲\_\_\_\_\_は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲\_\_\_\_\_は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

調査の結果、発明の共通事項は、文献JP 9-85412 A（株式会社東芝）1997.03.31，文献JP 60-243263 A（株式会社日立製作所）1985.12.03に開示されているから、新規でないことが明らかとなり、結果として、共通事項は先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。それゆえ、PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通の事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

1, 4, 5

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。